

PAT-NO: JP02002310849A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002310849 A
TITLE: OPTICAL FIBER SPINNING NOZZLE AND INSPECTION METHOD FOR
OPTICAL FIBER USING IT
PUBN-DATE: October 23, 2002

INVENTOR-INFORMATION:
NAME COUNTRY
SUMI, TOSHINORI N/A
KAKE, SHINJI N/A
OBATA, HIROSHI N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
MITSUBISHI RAYON CO LTD N/A

APPL-NO: JP2001115526
APPL-DATE: April 13, 2001

INT-CL (IPC): G01M011/00, G02B006/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical fiber spinning nozzle capable of executing an accurate inspection by efficiently entering inspection light into an optical fiber when an optical inspection for the optical fiber is carried out in continuously manufacturing the optical fiber.

SOLUTION: An optical window is so formed in a core material passage of an extension of an optical fiber spinning hole of this optical fiber spinning nozzle as to expose its light emitting surface. A laser beam source is connected to the optical fiber spinning nozzle so that a laser beam is irradiated on a light incident surface outside the core material passage of the optical window without through a light transmitter, and the laser beam is entered into the core material in the optical fiber spinning hole from the light emitting surface through the optical window.

COPYRIGHT: (C)2002, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-310849

(P2002-310849A)

(43) 公開日 平成14年10月23日 (2002.10.23)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 1 M 11/00		G 0 1 M 11/00	U 2 G 0 8 6
G 0 2 B 6/00	3 6 6	G 0 2 B 6/00	3 6 6 2 H 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-115526(P2001-115526)

(22) 出願日 平成13年4月13日 (2001.4.13)

(71) 出願人 000006035

三菱レイヨン株式会社

東京都港区港南一丁目6番41号

(72) 発明者 隅 敏則

広島県大竹市御幸町20番1号 三菱レイヨ

ン株式会社中央技術研究所内

(72) 発明者 掛 伸二

広島県大竹市御幸町20番1号 三菱レイヨ

ン株式会社中央技術研究所内

(74) 代理人 100088328

弁理士 金田 暢之 (外2名)

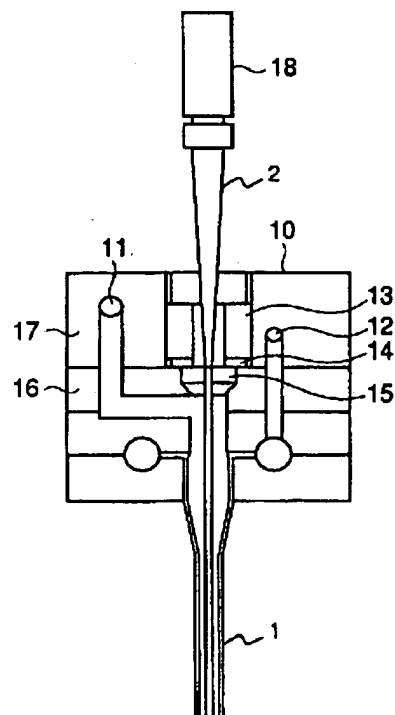
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバ紡糸ノズル及びそれを用いた光ファイバの検査方法

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバを連続的に製造する際に光ファイバの光学的検査を行うにあたって、光ファイバ中に検査光を効率よく入射させ、精度の高い検査を行うことが可能な光ファイバ紡糸ノズルを提供する。

【解決手段】 光ファイバ紡糸ノズルの光ファイバ紡出孔の延長上の芯材流路に光学窓をその光出射面が露出するように設け、この光学窓の芯材流路外側の光入射面に光伝送体を介さずにレーザー光が照射され、このレーザー光が前記光学窓を介してその光出射面から光ファイバ紡出孔内の芯材へ入射されるようにレーザー光光源を光ファイバ紡糸ノズルと接続する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも光ファイバの芯材を紡出する光ファイバ紡出孔、光入射面及び光出射面を有する光学窓、及び光源を備えた光ファイバ紡糸ノズルであって、前記光ファイバ紡出孔の延長上の芯材流路に前記光学窓の光出射面が露出するように配置され、前記光学窓の光入射面に光伝送体を介さずに光が照射され、その光が前記光学窓を介して前記光学窓の光出射面から光ファイバ紡出孔内の芯材へ入射されるように光源が接続された光ファイバ紡糸ノズル。

【請求項2】 光学窓が光ファイバ紡出孔の中心軸の延長上に配置され、光の光軸が光ファイバ紡出孔中心軸と一致するように光源が接続された請求項1記載の光ファイバ紡糸ノズル。

【請求項3】 光源としてレーザー光光源を用いる請求項1又は2記載の光ファイバ紡糸ノズル。

【請求項4】 レーザー光光源として半導体レーザーを用いる請求項3記載の光ファイバ紡糸ノズル。

【請求項5】 光源を保持するホルダと、光源と光学窓の間に配置され光源からの光の光路の周囲を囲むパイプとを備えた請求項1～4のいずれか一項に記載の光ファイバ紡糸ノズル。

【請求項6】 ホルダの外周にホルダを冷却するジャケットが設けられている請求項5に記載の光ファイバ紡糸ノズル。

【請求項7】 請求項1～6のいずれか一項に記載の光ファイバ紡糸ノズルを用いて、芯材に光を導入しながら光ファイバを紡出し、その光ファイバの側面から漏出する光を、検出器を用いて検出する光ファイバの検査方法。

【請求項8】 請求項1～6のいずれか一項に記載の光ファイバ紡糸ノズルを用いて、芯材に光を導入しながら光ファイバを紡出し、フォトダイオードを備えた検出器を用いて、前記光ファイバの側面から漏出する光を電流に変換し、その電流値から光の漏出量を検出する光ファイバの検査方法。

【請求項9】 紡糸ノズルから紡出された光ファイバを、所定距離離れて配置された複数の検出器の検出位置を通過させて各検出器により光ファイバ側面からの光の漏出量を検出し、検出器間での光の漏出量差および検出位置間距離から入射光の波長における光ファイバの伝送損失を算出する請求項7又は8記載の光ファイバの検査方法。

【請求項10】 光源をパルス駆動して出射されたパルス状光を芯材に導入し、光出射時の光ファイバ側面からの光の漏出量と光非出射時の光ファイバ側面からの光の漏出量を、前記パルス駆動のパルスと同期させた各検出器においてそれぞれ検出し、各検出器において、検出された光出射時の光の漏出量から光非出射時の光の漏出量を引いた値を算出し、それらの値についての検出器間で

の差および検出位置間距離から入射光の波長における光ファイバの伝送損失を算出する請求項9記載の光ファイバの検査方法。

【請求項11】 光ファイバ側面から漏出する光の検出は、紡糸ノズルから紡出された光ファイバを加熱延伸処理した後に行う請求項7～10のいずれか一項に記載の光ファイバの検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバを連続的に製造する際に光ファイバの検査のための検査光を効率よく光ファイバに入射可能な紡糸ノズル、及びその紡糸ノズルを用いた光ファイバの検査方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、光ファイバを溶融紡糸法で連続的に製造する際、光ファイバを切断せずに光ファイバの光伝送機能の検査を行う方法が提案されている。一般的に光ファイバ側面からの漏出光量は、その内部を伝播している光量とほぼ比例関係にある。よって、光ファイバに検査光を入射し、検査光入射部から離れた位置に一定間隔をおいて設置された2つの検出器でそれぞれ光ファイバ側面から漏出する光量を検出し、これらの検出値から一定距離を伝播した光の減衰量を算出することによって光伝送機能の検査を行うことができる。

【0003】特開昭59-90027号公報には、上記のような検査を行うに際して光ファイバに検査光を入射させる方法として、光ファイバの側面部から光をあてる方法が開示されており、この方法においては、光ファイバ側面部からの光のうち、光ファイバに内在する異物、気泡等の散乱性因子により光ファイバ内を伝播可能な角度に変化した光が光ファイバ内を伝播して検査光として利用される。

【0004】しかしながら、この方法は、光ファイバ側面から検査光を照射するため、照射された光の一部は鞘部で反射、吸収され芯部に到達し難い。さらに、光ファイバ内を伝播する光は、鞘部で反射、吸収されずに芯部に到達した光のうち光ファイバ内部での散乱により伝播が可能な角度に変化する成分のみであり、光ファイバ側面に照射された光と比べて非常に微弱な光である。そのため、この方法を用いて光ファイバに光を入射させようとすると、光ファイバへの検査光の入射効率が非常に低く、光ファイバを伝播する検査光が弱いので、光ファイバ側面から漏出する光量も微弱なものになってしまう。よって、このような入光方法を用いて精度の高い伝送損失測定を行うためには、光検出器間の距離を長く取り、光ファイバ内を伝播している光を大きく減衰させて各光検出器で検出される漏光量差を拡大させ、かつ検出器で検出された微弱な漏光量変化を高精度で電気的に増幅する必要があり、結果、広いスペースと高精度な信号増幅

装置を必要とする。さらに、外乱光の光ファイバへの進入により、光ファイバ側面からの漏出光量が変動しやすいという問題があった。

【0005】このような問題を解決する手段として、特開2000-155223号公報には、屈折率が異なる複数の材料を押し出して複合紡糸する光ファイバ用の紡糸口金であって、光ファイバ紡出孔に光を出射し芯材中に直接光を導入する光出射部を備え、光出射部の光出射端が光ファイバ紡出孔の流路壁面上に形成されている紡糸口金が提案され、この紡糸口金を用いて光ファイバに検査光を入射することにより、光ファイバ中に光を効率的に入射させることができ、また検査光を導入しながら光ファイバを紡出することにより、生産性を低下させずにインラインで光ファイバの検査を行うことができることが記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記の特開2000-155223号公報に記載の方法においては、検査光を、紡糸口金（紡糸ノズル）とは離れて設置された光源から光ファイバを束ねたライトガイドを介して紡糸口金内に導き、紡糸口金内を流れる芯材中に入射している。

【0007】しかしながら、上記のように紡糸ノズルとは別個に設置された光源から、光ファイバを用いた光伝送体（以下、単に「光伝送体」という）を介して紡糸ノズル内を流れる芯材中に検査光を入射する方法においては、光源から出射された検査光を、紡糸ノズルに至るまで、さらには紡糸ノズルから紡出された光ファイバ内を効率良く伝播させることが困難であった。

【0008】また、光源からは色々な角度の光が光伝送体に入射されており、光伝送体を構成する光ファイバは、その内部での光の全反射を利用し光伝播を行っている。そのため、光ファイバの材料固有の吸収や内部の微小異物、全反射が起こる芯と鞘の界面（芯鞘界面）の不整等による光散乱等に起因して光伝送ロスが生じる。

【0009】さらに、光ファイバ内で芯側から芯鞘界面へ入射する光は、入射角 θ （芯鞘界面法線に対する角度）が小さくなっていくと、ある入射角 θ で全反射から透過屈折するようになる。このときの入射角 θ を臨界角 α と呼び、この臨界角 α は、光ファイバを構成している芯材の屈折率 n_1 と鞘材の屈折率 n_2 から下式（1）で算出される。

$$\text{【0010】} \sin \alpha = n_2 / n_1 \quad (1)$$

したがって、光源から光伝送体に入射された光のうち、この臨界角 α より小さな入射角 θ で芯鞘界面に入射する光は光伝送体内部を伝播することができない。さらに、光伝送体への入射初期は臨界角 α より大きな入射角 θ で伝播されていても、光が光伝送体内を伝播するうちに、光伝送体の屈曲等により入射角 θ が臨界角 α より小さくなり伝播できなくなるものもある。

【0011】また、光ファイバ中心軸に対して小さな角

度で入射された光は、伝播過程において入射角 θ が臨界角 α より大きい範囲で様々な角度に変化するため、ノズル内を流れる芯材中には、光伝送体の臨界角 α より大きい様々な入射角 θ を持つ光が入射される。その際、光伝送体の臨界角 α が、検査対象の光ファイバ（検査用光ファイバ）の臨界角より大きい場合には、その検査用光ファイバは光伝送体から出射された検査光をすべて取り込むことが可能であるが、光伝送体の臨界角 α がその検査用光ファイバの臨界角より小さな場合は、入射された光のうち検査用光ファイバの臨界角より小さな角度を持つ光は検査用光ファイバ外部に漏出することになり入射ロスが生じる。

【0012】また、熔融状態の光ファイバは、紡糸ノズルから吐出された後、冷却固化され外径が一定値になるまでの冷却過程において、紡糸ノズルへの原料供給量と引取速度に応じてある太さまで細化しており、その細化している部分の芯鞘界面は紡糸ノズル吐出孔から下流へ向かって光ファイバ中心軸に対し漏斗形状に変化している。このような光ファイバ中心軸に対し芯鞘界面が漏斗状に変化している部分、すなわち光ファイバの直径が細くなるように変化している部分では、光が光ファイバの直径が太い部分から細い部分に向かって反射伝播する際、光ファイバ中心軸に対し芯鞘界面が平行な場合に比べて芯鞘界面法線に対する入射角 θ が小さくなるため、光ファイバの臨界角 α より大きな角度で入射された検査光であっても、その細化している部分では入射角 θ が臨界角 α より小さくなる光は光ファイバから漏出してしまふ。

【0013】以上のように、紡糸ノズルとは別個に設置された光源から、光伝送体を介して紡糸ノズル内を流れる芯材中に検査光を入射する方法においては、光源から出射された検査光を、紡出ノズルに至るまで、さらには紡糸ノズルから紡出された光ファイバ内を効率良く伝播させることが困難であった。

【0014】そこで本発明の目的は、光ファイバを連続的に製造する際に光ファイバの光学的検査を行うにあたって、光ファイバ中に検査光を効率よく入射させ、精度の高い検査を行うことが可能な光ファイバ紡糸ノズル及び光ファイバの検査方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、検査光光源から紡糸ノズル内を流れる芯材中に検査光を入射する際、光源とノズル間に配置された光伝送体における損失や、光伝送体における検査光の角度分布の増大による芯材入光時のロス等を防ぐには、光源と紡糸ノズルとの間に光伝送体を介在させず、光源から広がり少ない強力な検査光を紡糸ノズル内を流れる芯材中に入射することが最も効果的であることを見いだした。

【0016】すなわち、本発明は、少なくとも光ファイバの芯材を紡出する光ファイバ紡出孔、光入射面及び光

出射面を有する光学窓、及び光源を備えた光ファイバ紡糸ノズルであって、前記光ファイバ紡出孔の延長上の芯材流路に前記光学窓の光出射面が露出するように配置され、前記光学窓の光入射面に光伝送体を介さず光が照射され、その光が前記光学窓を介して前記光学窓の光出射面から光ファイバ紡出孔内の芯材へ入射されるように光源が接続された光ファイバ紡糸ノズルに関する。

【0017】また本発明は、上記の光ファイバ紡糸ノズルを用いて、芯材に光を導入しながら光ファイバを紡出し、その光ファイバの側面から漏出する光を、検出器を用いて検出する光ファイバの検査方法に関する。

【0018】また本発明は、上記の光ファイバ紡糸ノズルを用いて、芯材に光を導入しながら光ファイバを紡出し、フォトダイオードを備えた検出器を用いて、前記光ファイバの側面から漏出する光を電流に変換し、その電流値から光の漏出量を検出する光ファイバの検査方法に関する。

【0019】また本発明は、紡糸ノズルから紡出された光ファイバを、所定距離離れて配置された複数の検出器の検出位置を通過させて各検出器により光ファイバ側面からの光の漏出量を検出し、検出器間での光の漏出量差および検出位置間距離から入射光の波長における光ファイバの伝送損失を算出する上記の光ファイバの検査方法に関する。

【0020】

【発明の実施の形態】まず、本発明の紡糸ノズルについて詳細に説明する。

【0021】図1に本発明の紡糸ノズルの一例を示す。図1の紡糸ノズル10は、左右対称構造をとることができ、芯一鞘構造を持つ光ファイバ1が紡糸される構造となっている。熔融された芯材は芯材流路11を流れ、鞘材流路12から供給される熔融された鞘材が芯材の外周に被覆されて光ファイバとして吐出される。

【0022】芯材中へのレーザー光2の導入は、光ファイバ紡出孔の延長上の芯材流路にレーザー光出射面（下端面）が露出するように配置された光学窓15を介して行われる。なお、本発明においてはレーザー光以外の光を用いることも可能であるが、光ファイバ中に検査光を効率よく入射させ、検査精度を高めるためには、レーザー光を用いることが好ましい。光学窓15は、レーザー光を光ファイバ紡出孔内の芯材に効率的に導入するために、光ファイバ紡出孔の中心軸延長上に設けることが好ましく、また、レーザー光出射面（下端面）が光ファイバ紡出孔の中心軸に対して垂直になるように配置することが好ましい。また、光学窓15のレーザー光出射面（下端面）を芯材流路壁面と同一平面上に設けることが好ましい。光学窓15の下端面を芯材流路壁面と同一平面上に設けることにより、芯材の流量の低下や、流路内での芯材の滞留劣化、光学窓の破損等を防止することができる。

【0023】光学窓15は、レーザー光の透過性に優れた透明な材料であって、光ファイバの賦形温度に耐え得る耐熱性に優れた材料からなることが好ましい。このような材料としては、例えば、多成分ガラス、石英ガラス、サファイア、ダイヤモンド等が挙げられる。

【0024】光学窓15は、レーザー光入射面（上端面）とレーザー光出射面（下端面）が互いに平行な平面である円筒形状であって、その下端面側へかけて径が小さくなるようにテーパ形状を有している。このような形状の光学窓15は、その形状に相応した、光学窓取り付けノズルプレート16の光学窓挿入孔に挿入されている。そして、この光学窓15は、上端面側から、耐熱性に優れ弾力のある円筒状のテフロン（登録商標）樹脂製のスペーサー14を介して光学窓押さえ13でノズルプレート16に押さえつけられている。この光学窓押さえ13は、その外周部に雄ねじ状の溝を持ち、光学窓押さえノズルプレート17に設けられた、この雄ねじに対応する雌ねじ状の溝を持つ開口部へねじ込まれている。またこの光学窓押さえ13は、金属等の力学的強度に優れた耐熱性材料から形成され、レーザー光が通過できるように中心軸に沿って貫通孔が設けられている。光学窓15とノズルプレート16とのテーパ形状嵌合部、およびノズルプレート17と光学窓押さえ13とのねじ嵌合部によって、芯材流路からの芯材の漏洩を防ぐことができる。また、もし光学窓15とノズルプレート16とのテーパ形状嵌合部に芯材が浸入しても、光学窓15とテフロン樹脂製スペーサー14との密着部によって、光学窓15のレーザー光入射面（上端面）が芯材により汚染されにくい構造となっている。

【0025】なお、光学窓の構造、及び芯材流路からの芯材の漏洩の防止構造はこれに限定されるものではなく、他の構成とすることも可能である。

【0026】検査光として用いられるレーザー光は、光ファイバ紡出孔の延長上にて紡糸ノズルに接続配置されたレーザー光光源であるレーザー発振器18から光伝送体を介さず光学窓15へ照射され、この光学窓15を貫通し芯材中に入射される。なお、本発明において光伝送体とは、光ファイバのように、屈折率が異なる複数の材料を組み合わせ、光を伝搬可能な構造としたものをいう。レーザー発振器18は、光ファイバ紡出孔の中心軸延長上に配置することが好ましく、出射されるレーザー光の光軸が光ファイバ紡出孔の中心軸と可能な限り一致するように配置することがより好ましい。

【0027】レーザー光は、平行直進性に優れるため、レンズ等による収束が容易であり、レーザー光のスポット径を数十 μm ～数百 μm と非常に小さく絞ることができる。また、遠距離から光入射部へレーザー光を収光して入射することにより、スポット径および入射角（紡出孔の中心軸に対する角度）の非常に小さな検査光を光ファイバ内に入射できる。このようなレーザー光を検査光

として用いることにより、検査光の伝播ロスを著しく低減することが可能となる。すなわち、検査光としてレーザー光を用いることにより、紡出後に光ファイバの直径が細くなるように変化する部分であっても、光ファイバ外へ漏出してしまふ光を大幅に抑制することができる。光学窓の光入射面におけるレーザー光のスポット径は1 mm以下とすることが好ましく、500 μm以下とすることがより好ましい。また、光軸調整を精度よく行えば、好ましくは光ファイバ紡出孔の出口より下流に、より好ましくは光ファイバが冷却され細化が完了し直径が一定となった部分より下流にレーザー光の焦点を設定することも可能であり、その場合、光ファイバに導入された大部分のレーザー光を芯鞘界面で反射させずに光ファイバ内を伝播させることも可能であり、検査光の伝播ロスを大幅に低減することができる。

【0028】検査光光源として用いるレーザー発振器としては、ガスレーザー等も用いることができるが、構造が単純で出力安定性に優れ、安価で小型な半導体レーザーが好ましく、安全上からは可視光域の発光波長帯の半導体レーザーが特に好ましい。半導体レーザーは、近年その製造技術が著しく進歩しており、現在でも650 nm、660 nmの発光波長の半導体レーザーは、従来のガスレーザーと同等の出力で大きさが1/10程度なのが市販されている。また、現在、数百mW～数Wといった大出力の半導体レーザーは、長波長域の赤外域のものが一般的であるが、可視光域の発光波長の高出力半導体レーザーについても、PMMA系コアのプラスチック光ファイバの損失窓である650 nmや540 nmの発光波長帯の高出力半導体レーザーが、プラスチック光ファイバの高速光通信への本格採用が進むに伴い開発が進行している。光源としてレーザー光光源以外の光源を用いる場合の光源としては公知のものが使用可能である。

【0029】次に、図2を用いて、芯材中に導入するレーザー光の光軸を光ファイバ紡出孔の中心軸と精度良く一致させるのに効果的な構造および方法について説明する。

【0030】レーザー発振器18は、レーザーホルダ20に設置され、その出射光軸の位置および角度を微妙に調整するための調整部材である調整ネジ22により支持されている。このレーザーホルダ20には、レーザー発振器18から出射されたレーザー光を通過させるための開口部が設けられ、この開口部にはパイプ21がガタツキなくレーザー光の出射軸に沿って真っ直ぐに挿入されている。このパイプ21は、出射されたレーザー光を保護するとともに、発振器を備えたホルダ20と紡糸ノズル10とを接続固定するために設けられる。このパイプ21としては、剛性が高く真直性および耐熱性に優れた材料からなるものが好ましく、例えば金属製やセラミック製のものをを用いることができる。また、パイプ21の内径は、レーザー発振器から出射された直後のレーザービ

ーム径より大きいことが好ましい。パイプ21の先端部23は、紡糸ノズルの光学窓押さえ13の貫通孔に挿入される。パイプ21の先端部23付近の外形および光学窓押さえ13の貫通孔の内径は、パイプ21が貫通孔にスムーズに挿入可能で且つガタツキが生じないような寸法に調整されている。また、パイプ21の先端部23側の端面は、その加工面がパイプの中心軸と垂直となるように仕上げられていることが好ましい。

【0031】上述のレーザーホルダ20の調整ネジ22を用いて、レーザー発振器18から出射されたレーザー光の光軸をパイプ21の中心軸と一致させ、またレーザー光の集光点を調整した後、レーザーホルダ20に設置されたパイプ21を紡糸ノズルの光学窓押さえ13の貫通孔に挿入し、パイプ21の端面と光学窓15とを接触させる。その際、光学窓押さえ13の貫通孔は、その中心軸が光ファイバ紡出孔の中心軸とできるだけ一致するように形成しておく。これにより、容易かつ高精度に、レーザー光の光軸を光ファイバ紡出孔中心軸に対して位置合わせすることができる。このようにパイプ21を介してレーザー光光源と紡糸ノズルとを接続することにより、レーザー光を、光伝送体を介さずに直接光学窓15に照射することができる。

【0032】レーザーホルダ20の外周をジャケットで覆い、ジャケット内部に冷却水等の冷媒を循環させるなどしてレーザーホルダを冷却するような構造とすると、紡糸ノズル直上に配置することによるヒーターからの熱気やパイプ21からの伝熱によるレーザー発振器の温度上昇を防止することができ、安定したレーザー発振が可能となるため、好ましい。

【0033】なお、上記の説明では、屈折率が異なる2種類の材料を同心円状に積層して複合紡糸して芯-鞘構造を持つ光ファイバを紡糸するためのノズルについて説明したが、本発明は他の構造の光ファイバ用の紡糸ノズルに適用することも可能である。例えば、屈折率が異なる3種類以上の材料を同心円状に積層して複合紡糸し、屈折率が中心から外周に向かって連続的に低下する光ファイバや段階的に低下する光ファイバを製造する場合に用いられる紡糸ノズルに適用することができる。

【0034】次に、本発明の紡糸ノズルを用いた光ファイバの伝送損失の連続測定方法について説明する。

【0035】図3に、本発明の紡糸ノズルを用いて光ファイバの検査を行うための設備の一例を示す。押出機30から熔融状態で押し出された屈折率が異なる複数の材料はそれぞれギヤポンプ31で計量されながら紡糸ノズル10に供給され、複合紡糸される。光ファイバの材料としては熱可塑性の透明樹脂が好ましく用いられるが、複合紡糸可能な材料であれば透明な無機材料なども使用可能である。透明樹脂としては、芯材に好適なポリメチルメタクリレート(PMMA)や、鞘材に好適なフッ化ビニリデン-テトラフルオロエチレン共重合体やフッ素

化(メタ)アクリレート-メタクリル酸エステル共重合体など、公知の光ファイバ用重合体材料が使用できる。

【0036】ホルダ20に保持されたレーザー発振器18から出射された検査光は、紡糸ノズル10の芯材流路壁面に設けられた光学窓に直接照射され、この光学窓を透過した検査光が芯材中に導入され光ファイバ中を伝搬する。

【0037】一方、紡糸ノズル10から紡出された光ファイバ1は、紡糸ニップロール32により一定速度で引き取られることにより紡糸ノズル下部でドラフト細化しながら冷却され、一定の直径になった後、延伸炉33に導入される。延伸炉33に導入された光ファイバ1は熱風や蒸気等の熱媒により加熱され、延伸ニップロール34で引き出され、その際、ニップロール34の回転速度をニップロール32より速く設定することで光ファイバ1が延伸される。延伸倍率は特に限定されないが、通常1.5倍～3.0倍程度である。加熱延伸された光ファイバ1は所定距離隔てて配置された二つの漏光検出器36、37の検出位置を通過して巻き取り装置35によって巻き取られる。光ファイバ側面から漏出するレーザー光を検出する際の検出位置は特に限定されないが、安定した漏光の検出を行うためには、紡糸ノズルから紡出された光ファイバを加熱延伸処理した後に行うことが好ましい。

【0038】光ファイバ側面からの漏れ光は、ニップロール34と巻き取り装置35間に、一定の距離Lにおいて設置された2つの第1漏光検出器36と第2漏光検出器37により検出され、2つの漏光検出器により検出された光ファイバ側面からの漏出光量差と検出器間距離Lに基づき、伝送損失算出装置38により伝送損失が算出される。検出器間の距離Lは例えば数mから数十mに設定することができる。

【0039】図4に、本発明の紡糸ノズルを用いた光ファイバの連続的な伝送損失測定に用いられる漏光検出器の一例を示す。図4(a)は検出器の全体構成図であり、図4(b)は検出器内の検出部44の光ファイバ長手方向に垂直な断面図である。

【0040】漏出光検出器40は、図4(a)示されるように、外光の進入を防ぐための遮光カバー41を有し、この遮光カバー41の入出口部にはそれぞれ回転ファイバガイド42が設けられている。この回転ファイバガイド42により、遮光カバー41と光ファイバとの接触を防ぐことができ、また漏出光検出部44の内部の光ファイバ通過位置を安定させることができる。また、遮光カバー41の光ファイバ出入口から進入した外光を効率よく減衰させるために漏出光検出部44の前後には、光ファイバは通過可能な開口部が設けられた仕切り板43が設けられている。

【0041】漏出光検出部44の内部には、図4(b)に示されるように、光ファイバ側面からの漏出光を効率

良く受光し電流に変換出力するために、光ファイバを四方から覆うようにフォトダイオード45が配置されている。この検出部44において、各フォトダイオードは並列に接続されており、その合成電流が漏出光量として出力される構造を有している。このような構造により、漏出光検出部内部での光ファイバ位置が変化しても検出される漏出光量の変動を抑えることができる。なお、漏出光検出器はこれに限定されず、公知のものが使用可能である。

【0042】光ファイバ側面からの漏出光量は、光ファイバの直径変動や側面の傷(以下これらを適宜単に「欠陥」という)によっても変化するため、その漏出光量の変化を検出すれば光ファイバの欠陥の検査も同時に行うことができる。その場合、光ファイバは漏出光検出器内を短時間で通過するため、光ファイバの欠陥に起因する短時間の光量変化を検出することが可能な応答速度の速い光センサを用いることが好ましい。

【0043】本発明の検査方法において、レーザー光源を一定の周波数でパルス駆動を行い、パルス状のレーザー光を出射させ、このパルス状レーザー光を芯材に導入してもよい。各検出器は駆動パルスに同期させて、光ファイバに検査光が入射されている時の漏出光量と、光ファイバに検査光が入射されていない時の漏出光量を検出する。各検出器で検出された漏出光量について、光ファイバへ検査光が入射されている時に検出された漏出光量から、光ファイバへ検査光が入射されていない時に検出された漏出光量(すなわち照明等の外乱光のみにより生じている漏出光量)を引くことによって、光源から入射した検査光のみにより生じている漏出光量を知ることができる。このような方法を採用することによって検査の精度はより向上する。特に半導体レーザーは、そのようなパルス駆動発光において、光量の立ち上がりが極めて速いため、非常に適した光源である。

【0044】

【実施例】以下、本発明を実施例を挙げて説明する。

【0045】(実施例1) 芯材としてPMMA、鞘材としてフッ化ビニリデン/テトラフルオロエチレン(80/20(mol%))共重合体を、それぞれ押出機で溶解し、ギヤポンプで計量しながら図1に示す紡糸ノズルに供給した。

【0046】光学窓には石英製ロッドを用い、検査光光源として波長655nm、素子出力24mW、装置光出力18mWの半導体レーザー(商品名:レーザーポインター;MLX-655-30、キヨー技研(株)製)を用いた。

【0047】半導体レーザーはジャケットで覆われた水冷式のホルダ20に設置し、ホルダに設置された半導体レーザーは、レーザー発振器のレーザー光出射レンズ面(有効直径5mm)が紡糸ノズル内の光学窓上端面から約200mmの位置に配置されるようにパイプ21を介

して紡糸ノズル10と接続した(図2参照)。また、紡糸ノズル内の光学窓上端面でレーザースポット径が0.5mmになるように焦点を調整した。

【0048】図3に示すように、紡糸ノズル10から光ファイバ1を紡出し、加熱延伸処理を行ってその直径を1.06mmから0.75mmとし、図4に示す構造を持つ2つの漏光検出器36、37の検出位置を通過させた。二つの漏光検出器の検出位置間距離は16mとした。

【0049】溶融紡糸ノズルに近い第1漏光検出器36で検出された漏光出力は電圧で約1.4Vであった。また、レーザ発振器の電源を切ったときの第1漏光検出器で検出された漏光出力(すなわち光ファイバに進入した外光による漏光出力)は電圧で約0.0006Vであった。

【0050】この第1漏光検出器36と第2漏光検出器37で光ファイバ側面からの漏光量変化を検出することによって光ファイバの伝送損失を連続的に測定した。連続的に光ファイバの伝送損失測定値が上昇した際に、その伝送損失測定値上昇が発生した部分の光ファイバを抜き取り、25m-5mのカットバック法により伝送損失を測定したところ約15dB/kmの伝送損失変化が起こっており、本実施例の検査方法により約15dB/km程度の伝送損失の増加を検出できることがわかる。

【0051】また、約60日間の連続運転においても、第1漏光検出器36で検出されている漏光量レベルの変化は0.1%未満であり、安定した検査光入射および漏光検出が可能であった。

【0052】(実施例2)紡糸ノズル内の光学窓上端面から下流へ約600mmの位置(紡糸ノズルの紡出孔端から下流へ約400mmの位置)でレーザースポット径が約0.1mmになるように焦点を調整しレーザ光を入射した以外は実施例1と同様にして光ファイバの検査を行った。

【0053】第1漏光検出器で検出された漏光出力は電圧で約2.3Vであり、光ファイバ内に入射された検査光が効率良く漏光検出部まで伝送されることを確認した。

【0054】この状態で実施例1と同様にして光ファイバの伝送損失の測定を行ったところ、実施例1よりも外光によるノイズの影響による伝送損失測定値の変動が小さく、実施例1と同様に光ファイバの伝送損失測定値が上昇した部分の光ファイバを抜き取り、カットバック法で伝送損失を測定したところ約10dB/kmの伝送損失の増加が生じており、本実施例の方法により約10dB/km程度の伝送損失の増加を検出できることがわかる。

【0055】(実施例3)半導体レーザ発振器に100Hzの周波数のパルス状電源供給を行い、パルス状レーザ光を芯材に導入し、各検出器を駆動パルスに同期させて、光ファイバに検査光が入射されている時の漏出

光量と、光ファイバに検査光が入射されていない時の漏出光量を検出して、光源から入射した検査光のみにより生じている漏出光量を測定した以外は実施例2と同様にして光ファイバの検査を行った。

【0056】その際、第1漏光検出器の数m上流の位置で光ファイバ側面に50Wのハロゲンランプ光を、照度を変化させて照射し、光ファイバが大きく変動する強い外光にさらされた状態で検査を行ったが、実施例2と同様に光ファイバの伝送損失を精度よく測定することができ、実施例1と同様に光ファイバの伝送損失測定値が上昇した部分の光ファイバを抜き取り、従来のカットバック法で伝送損失を測定したところ約5dB/kmの伝送損失の増加が生じており、本実施例の方法により約5dB/km程度の伝送損失の増加を検出できることがわかる。

【0057】(比較例1)検査光の光源として500Wのハロゲンランプを用い、この光源からの光を集光し光伝送体を介して紡糸ノズル中の芯材に導入した。光伝送体としては、直径約150μmの石英製光ファイバを数十本集束してなる長さ約20mの光ファイババンドルを用い、その光ファイババンドルの他端を金属パイプに挿入されたガラス製の光ファイバロッドに接続し、その光ファイバロッドの光出射端部を図1に示す紡糸ノズルの光学窓に接触させた。その他の構成および方法は、実施例1と同様にして光ファイバの検査を行った。

【0058】第1漏光検出器で検出された漏光出力は電圧で約0.7Vであった。また、実施例1と同様にして光ファイバの伝送損失を測定したが、実施例1に比べて、外光によるノイズの影響による伝送損失測定値の変動が大きく、光ファイバに約30dB/km以上の伝送損失変動が起こらないと伝送損失測定値の明確な変化を確認することができなかった。

【0059】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように本発明によれば、光ファイバを連続的に製造しながら、光ファイバ中に検査光を効率よく入射可能であり、光ファイバの生産性を低下させることなく、長期間にわたって精度よく連続的な検査を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ファイバ紡糸ノズルの一例の概略構成図である。

【図2】本発明の光ファイバ紡糸ノズルにおける光源と紡糸ノズルとの接続構造の一例を示す概略構成図である。

【図3】本発明の光ファイバ検査方法の一例の説明図である。

【図4】本発明の光ファイバ検査方法において用いられる漏光検出器の一例の構成図である。

【符号の説明】

1 光ファイバ

2 レーザ光

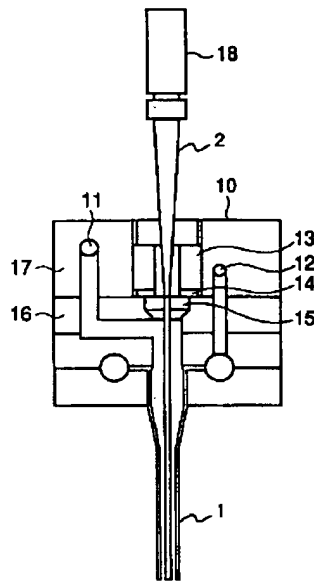
13

14

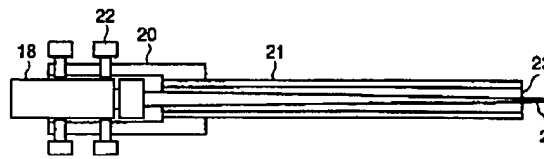
- 10 紡糸ノズル
- 11 芯材流路
- 12 鞘材流路
- 13 光学窓押さえ
- 14 スペーサー
- 15 光学窓
- 16 光学窓取り付けノズルプレート
- 17 光学窓押さえノズルプレート
- 18 レーザー発振器
- 20 レーザーホルダ
- 21 パイプ
- 22 調整ネジ
- 23 パイプ先端部
- 30 押出機

- 31 ギヤポンプ
- 32 紡糸ニップロール
- 33 延伸炉
- 34 延伸ニップロール
- 35 巻き取り機
- 36 第1漏光検出器
- 37 第2漏光検出器
- 38 伝送損失算出装置
- 40 漏光検出器
- 41 遮光カバー
- 42 回転ファイバガイド
- 43 仕切り板
- 44 漏出光検出部
- 45 フォトダイオード

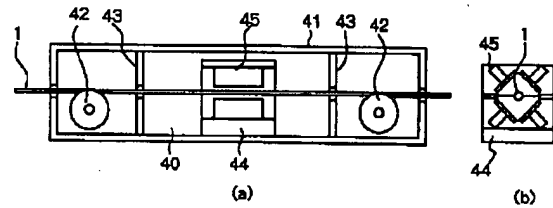
【図1】



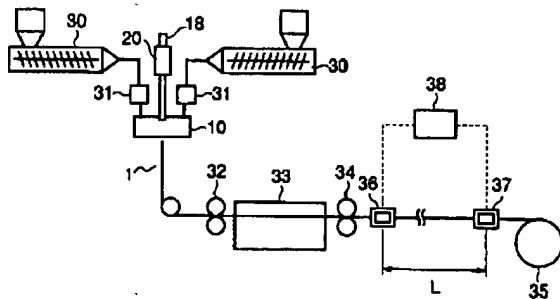
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 小畑 博司

広島県大竹市御幸町20番1号 三菱レイヨ
ン株式会社中央技術研究所内

Fターム(参考) 2G086 BB01 DD05

2H050 AA15 AB43X AB44Y AB48Y